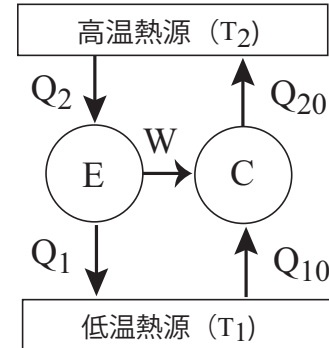


【1】【カルノーの定理】

図中 C はカルノーサイクルであり準静的過程の可逆サイクルである。E は現実の熱機関であり不可逆過程である。このように不可逆過程を含む熱機関の効率を考察する。



不可逆サイクル E

$$Q_2 = Q_1 + W \quad (1)$$

可逆サイクル C (冷凍機)

$$Q_{20} = Q_{10} + W \quad (2)$$

$$Q_2 - Q_{20} = Q_1 - Q_{10} \quad (3)$$

図 1: カルノーの定理: E は不可逆サイクル、C は準静的な可逆サイクル

$Q_2 - Q_{20} < 0$ ならば、クラウジウスの原理に矛盾し、周りに何も影響も残さずに低温熱源から高温熱源に熱が流れ込むことになる。従って、

$$Q_2 - Q_{20} = Q_1 - Q_{10} \geq 0 \quad (4)$$

$$Q_2 - Q_{20} \geq 0, \quad Q_1 - Q_{10} \geq 0 \quad (5)$$

でなければならない。等号は可逆サイクルのとき成立する。

つまり、現実の不可逆サイクルでは熱効率が悪いので同じ仕事をするにはより多くの熱を必要とする。

$$\text{可逆サイクルの効率} \quad \eta_C = \frac{W}{Q_{20}} = 1 - \frac{T_1}{T_2} \quad (6)$$

$$\text{不可逆サイクルの効率} \quad \eta_E = \frac{W}{Q_2} \leq \frac{W}{Q_{20}} = 1 - \frac{T_1}{T_2} \quad (7)$$

カルノーの定理

- ・ 2 つの熱源の間で動作する任意の可逆サイクルの効率はカルノーサイクルの効率に等しい
- ・ 不可逆なサイクルの効率は可逆サイクルの効率よりも小さい

$$\eta_E = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_2} = 1 - \frac{Q_1}{Q_2} \leq \frac{Q_2 - Q_1}{Q_{20}} = 1 - \frac{T_1}{T_2} \quad (8)$$

$$\text{整理すると、} \quad (9)$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} \geq \frac{T_1}{T_2} \quad \text{または} \quad \frac{Q_2}{T_2} - \frac{Q_1}{T_1} \leq 0 \quad (10)$$

この関係をクラウジウスの不等式という。